

地域医療需要分析システムによる患者数の予測

佐藤 知一

日揮株式会社 システム技術第1部

病院の基本計画策定に当たって、病院の患者数を予測し、適切な規模および立地点を決定するための「地域医療需要分析システム MESH」を開発した。

本システムは、複数医療施設の競合下における患者の選択率を推定する独自の数理モデルに基づいている。これは商業マーケティングでのハフ・モデルにヒントを得たもので、医療施設の患者に対する「吸引力」を、施設規模と時間距離の2変数の関数として考え、実際のデータよりその関数形を決定した。

システムの機能は、地域内の人口分布・施設配置・交通網グラフなどを取り扱う地図情報処理機能と、時間距離計算と患者数予測を行なうシミュレーション機能からなる。結果はカラー・ディスプレイ上に、色塗り地図および鳥瞰図として直観的にとらえやすい形で表示する。

SIMULATION OF REGIONAL MEDICAL DEMAND BY A MARKET ESTIMATION SYSTEM WITH HUFF-MODEL

Tomoichi SATO

Industrial Systems Engineering Department, JGC Corporation

14-1, Bessho 1-chome, Minami-ku, Yokohama 232 Japan

A regional medical demand analysis system is newly developed. Taking the competition with other hospitals into consideration, the system predicts the number and regional distribution of patients of a new hospital on the basis of its size and accessibility. A mathematical model for the prediction is built on actual data.

The system has basically two functions: (1) to process geographical data, and (2) to simulate patterns of patients' choices.

Calculation results can be shown in the form of three types of maps on the color graphic display. The system has been applied in basic plannings of several hospitals in order to determine optimal sizes and locations.

1. 目的

近年、病院をとりまく経営環境が厳しさを増す中で、病院の建設・運営を全体的な視野から判断するための方法論が求められている。

病院の基本計画立案段階での主要な作業を図1に示す。このうち「需要分析」は、地域の医療需要を分析して適切な病床数・診療科目・立地点などを決定する作業であり、基本計画の骨格を決める重要な部分である。

我々はこの需要分析作業をサポートし、病院の患者数を予測するためのシステム：MESH(Market Estimation System with Huff-model)を開発したので、ここにその概要と適用例を報告する。

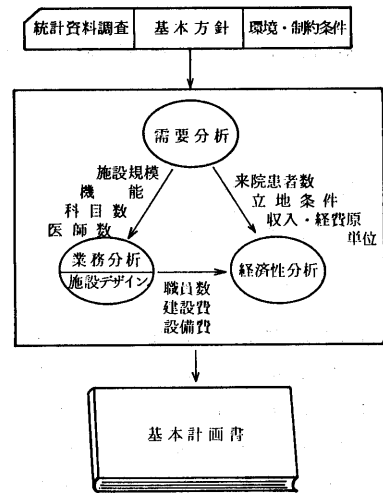


図1 需要分析作業の位置づけ

2. 既往の研究

医療需要に関する従来の研究は主に病院管理学及び建築学（計画系）の分野で発表されてきた。これらは次の3種に大別される：

- (1) マクロ（国または県）レベルでの総需要の統計分析や医療資源の配分に関する研究
- (2) 国保レセプト調査に基づく市町村単位の患者流動に関する研究
- (3) 単一施設に注目した、患者の「出現率」に関する研究（患者の来院率を、病院からの距離の関数として分析する）

このうち、(1)は政策論に近すぎ、(2)も（医療の圏域把握の上では参考になるが）個別の病院レベルに適用するには地域区分が大き過ぎて我々の目的に沿わない。(3)はミクロなレベルでの観測値を定式化している点で我々の目的に近いが、競合の影響を考慮できない弱点がある。

このように従来の研究はそのままでは本問題に適用できない。従って本研究では独自に予測のための数理モデルを考案し、その検証を行った。

3. 数理モデルの概要

ここに述べるモデルは、商業マーケティングにおけるハフの考え方にヒントを得ている。すなわち、ある患者が、互いに競合する n 個の医療施設のうち、施設 i を受療先に選ぶ確率 P_i は、

$$P_i = \frac{q_i}{\sum_{k=1}^n q_k}$$

で与えられると考えられる。ここで $q_1 \sim q_n$ は各医療施設の「吸引力」である。

ハフ・モデルでは、「吸引力」は各商業施設の売場面積 S_i と、施設までの距離 D_i によって

$$q_i = \frac{S_i}{D_i^\lambda}$$

と表わされるとしている。ここで λ は商品の種類に固有なパラメータである。

医療の場合、この「吸引力」に影響を与える因子として、医療施設の規模とそこまでの距離が考えられる。そこで上式を一般化して、

$$q_i = \frac{f(S_i)}{T_i^\lambda}$$

という式を仮定する。 q_i は各医療施設の「吸引力」、 B_i は規模の指標としての病床数である。

距離の指標 T_i として直線距離や道路距離を用いるのは精密な分析には不十分であると思われる。なぜなら、我々が人口10万程度の都市で行なった予備調査によれば、患者は主に徒歩・2輪・自動車・バス・鉄道の5交通手段によって来院しており、しかも同一地点から必ずしも同じ交通手段を用いて来るとは限らないからである。そこで交通手段別の所要時間に各手段の選択率を乗じた「平均所要時間（アクセシビリティ）」を指標として用いることにする。

4. データによる検証

実際のデータに基づき、上記モデルの検証を以下の手順で行なった。

(1) 分母の妥当性の検討

任意の2病院を取り、幾つかの地域からそれぞれの病院への選択率と平均所要時間（アクセシビリティ）をまず求める。次に選択率の比をアクセシビリティの比に対してプロットすると各点は図2のごとく両対数紙上で傾きが負の直線上に並ぶ。これにより、

$$q_i \propto T_i^{-\lambda}$$

とする仮定の正しさが検証された。

(2) f の関数型の決定

さきの図2で、横軸 = 1.0 のときのたて軸の値は、2病院の $f(B)$ の比を表わしている。この図の例では0.6:1である。規模の異なるいろいろな病院についてこの数値を求め、病床数との関係を調べる事で f の関数型を同定することができる。我々の調べた範囲では

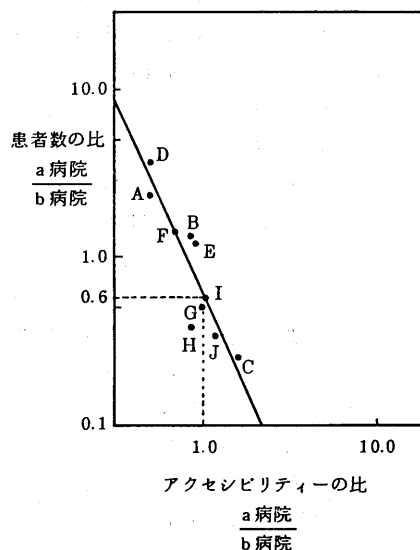


図2 施設選択率の分析

図中のA, B, C……などは患者の住所地（ゾーン）を表わす。

病床数の対数と緩やかな相関のある事が発見された。

5. アルゴリズム

予測患者数は以下の手順に従い算出する。

- (1) 分析対象となる圏域（通常いくつかの市町村区画からなる）を適当なサイズのメッシュ（通常1kmメッシュ）に分割する。
- (2) 各メッシュから計画病院及び各総合医療施設までの所要時間を5交通手段別に求める。これは、地域の交通網を表わすグラフを作成し、最短経路を求める事により計算される。
- (3) 各交通手段の分担率を求める。これには交通工学におけるバイナリー・チョイス型分担率曲線による予測手法を用いる。
- (4) 交通手段別の所要時間に分担率を乗じて平均所要時間を計算する。
- (5) 各医療施設の病床数と平均所要時間から、吸引力を計算し、計画病院への選択率を算出する。
- (6) 各メッシュの人口に患者発生率及び計画病院選択率を乗じて、来院患者数を計算する。これを全メッシュについて繰り返し、合計を求める（各科別予測患者数）。
- (7) (5)～(6)を入院/外来別・診療科目数だけ繰り返し、合計を求める（予測総患者数）。

6. システムの機能と構成

上記アルゴリズムを用いて、医療施設の患者数を予測する「地域医療需要分析システム MESH」を開発した。システムの主要な機能は次の2つである。

- (1) 「地図情報システム」的機能：地図図および属性値（人口など）の入出力・編集・管理を行なう。
- (2) シミュレーション機能：交通網ネットワークから平均所要時間を推算し施設吸引力・予測患者数を計算する。

本システムの処理フローを図3に示す。

システムが処理するデータは、地形要素（点・線・多角形）と、それに対応するID・座標・名称・属性値・ポイント（関係する地形要素の番号）、並びにその他のデータ管理情報から成り立っている。これを

- (1) 地形図ファイル
- (2) 属性値ファイル
- (3) メッシュファイル
- (4) ゾーン定義ファイル

の4ファイル構成によって地域毎に管理する。

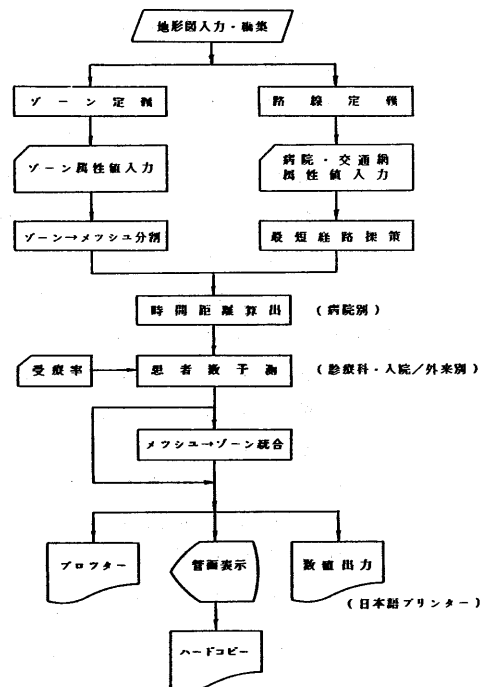


図3 システム処理フロー

本システムでは余計なオーバーヘッドをさけて処理速度を上げるため、特別なDBMSは用いずシーケンシャル・ファイルから必要なデータのみをVSAMの作業エリアに展開し処理する方式をとっている。ただし属性値間の演算・条件付検索・属性名称の管理など、RDBライクな必要最小限の機能を持つ。処理はコマンドで制御する。

7. 入出力および動作環境

地形図の入力・編集はデジタイザを介して行なう。デジタイザ入力では常に1mm程度の誤差が避け難いため、道路網・行政境界線は端点座標の一括自動修正を行い、長い線は交点での分割処理をした後、ポイントを生成して精確な入力の形に変換する。

出力としては次のものが可能である：

- (1) 色塗り地図（行政区画単位）
- (2) 色塗り地図（メッシュ単位）
- (3) 鳥観図
- (4) 数値出力

出力媒体はカラー・グラフィック・ディスプレイ（ユニバック社 AGS-2400B）およびプロッター、日本語プリンターである。

本システムはFACOM M-380 / OS-IV の下で動く。必要なメモリ空間は約1.5MBである。

言語は主にFORTRAN 77で書かれているが、一部ファイルのI/O関係でCOBOLとアセンブラを用いている。サイズはおよそ3万ステップである。

8. 計算例

モデル地域を設定して、予測計算を行なった。前提と結果を以下に示す。

<前提条件>

地域： 面積 = 300km²，人口 = 76,500人

競合病院： 3病院

（病床数：220/200/280床）

計画病院： 200床

診療科目： 内科・外科・整形外科・

産婦人科・眼科・耳鼻咽喉科

<予測結果>

予測患者数： 外来 = 457人/日

入院 = 242人/日

外来患者の地域分布： 図4に示す。

計画病院への平均所要時間： 図5に鳥観図の形（＝山の高さが所要時間のランクに対応）で示す。

各病院の圏域図： 図6に示す。これは各メッシュ毎に、最も選択率の大きな受療先を表示したもので

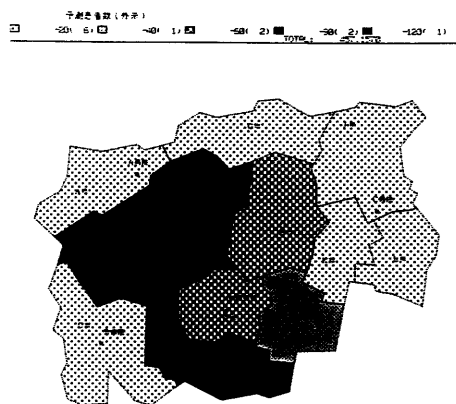


図4 予測患者数

あり、各病院の主なサービス・
エリアを表わす。

計画病院一円所要時間									
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

9. 実績

本システムは既に自治体病院および私立
病院の基本計画に適用され、経営戦略立案
上で有効との評価を得ている。

10. 今後の課題

システムの機能をより充実するため、

- (1) 人口分布予測サブシステム
- (2) 受療率予測サブシステム
- (3) 統計解析パッケージとの接続
- (4) 数理モデルの精度向上

などの拡張を今後予定している。

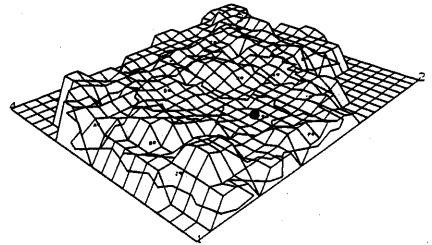


図5 計画病院への平均所要時間

病院勢力圏				
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

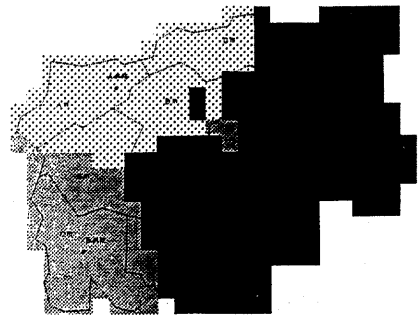


図6 病院勢力圏